REVISTA TÓPICOS
ISSN 2965-6672 | Qualis A2

ADULTERANTES E CONTAMINANTES EM CACHAÇAS BRASILEIRAS: UMA REVISÃO DE LITERATURA SOBRE TÉCNICAS ANALÍTICAS, CONTROLE DE QUALIDADE, LEGISLAÇÃO E IMPACTOS NA PRODUÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO

ADULTERANTS AND CONTAMINANTS IN BRAZILIAN CACHAÇAS: A LITERATURE REVIEW ON ANALYTICAL TECHNIQUES, QUALITY CONTROL, LEGISLATION, AND IMPACTS ON PRODUCTION AND COMMERCIALIZATION

Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias • 13/11/2026

REGISTRO DOI: 10.70773/revistatopicos/794522282

Danielle Dejanira da Silva Gomes[1]

Iasmim Santos Ferreira[2]

Liandra Sousa da Silva Pereira[3]

Rosemilia Ribeiro da Cunha[4]

RESUMO

Esta revisão de literatura aborda o levantamento bibliográfico referente a adulterantes, contaminantes, métodos analíticos, controle de qualidade, legislação e consequências para a produção e comercialização de cachaças no Brasil. Entre 2016 e 2026, artigos científicos, dissertações, teses e trabalhos de conclusão de curso) foram analisadas. Além de métodos para autenticação e identificação de adulterações, os estudos focam principalmente em contaminantes como carbamato de etila, pesticidas, HPA (hidrocarbonetos policíclicos aromáticos), cobre, chumbo, arsênio; e outros compostos, incluindo metanol, acroleína, furfural, 5-hidroximetilfurfural e acidez. A literatura apresenta ampla utilização de cromatografia gasosa e líquida, espectrometria de massas, espectrometria de absorção atômica, voltametria, fluorescência, espectroscopia NIR e MIR e ferramentas quimiométricas. Os resultados mostram diferenças relacionadas à origem das amostras, aos sistemas de destilação, às condições de produção e aos procedimentos de preparo e análise. Além disso, também se verifica o crescimento do uso de metodologias rápidas, portáteis e não-invasivas (não-destrutivas) para a triagem e autenticação. A qualidade da cachaça é influenciada pelo controle preventivo do processo, pela utilização de métodos analíticos com desempenho adequado e pela conformidade com os requisitos regulatórios.

Palavras-chave: Cachaça; Adulteração; Contaminantes; Técnicas analíticas; Controle de qualidade.

ABSTRACT

This literature review covers the body of research regarding adulterants, contaminants, analytical methods, quality control, legislation, and implications for the production and marketing of cachaça in Brazil. Scientific articles, dissertations, theses, and

undergraduate capstone projects—published between 2016 and 2026 were analyzed. In addition to methods for authentication and adulteration detection, the studies focus primarily on contaminants such as ethyl carbamate, pesticides, PAHs (polycyclic aromatic hydrocarbons), copper, lead, and arsenic, as well as other compounds including methanol, acrolein, furfural, 5-hydroxymethylfurfural, and acidity. The literature highlights the extensive use of gas and liquid chromatography, mass spectrometry, atomic absorption spectrometry, voltammetry, fluorescence, NIR and MIR spectroscopy, and chemometric tools. The results reveal differences linked to sample origin, distillation systems, production conditions, and sample preparation and analysis procedures. Furthermore, there is a growing trend toward the use of rapid, portable, and non-invasive (non-destructive) methods for screening and authentication.
Keywords: Cachaça; Adulteration; Contaminants; Analytical techniques; Quality control; Legislation; Food safety.

1. INTRODUÇÃO

A cachaça é um destilado brasileiro produzido a partir de produtos da cana-de-açúcar. A qualidade do destilado é o resultado da interação entre seus atributos químicos, condições tecnológicas, processo de fabricação e atendimento às especificações do produto. A composição final da cachaça é o resultado de uma série de etapas, incluindo matéria-prima, fermentação, destilação, armazenamento, envelhecimento, padronização e engarrafamento.

Os estudos selecionados abordam diversas classes de substâncias envolvidas na qualidade e segurança da cachaça. Os analitos investigados incluem o carbamato de etila, o metanol, a acroleína, os

álcoois superiores, o furfural, o 5-hidroximetilfurfural, o cobre, o chumbo, o arsênio, os pesticidas e os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos. As concentrações desses compostos são estudadas em diferentes estágios e condições de produção, abordando os aspectos dos insumos, a fermentação, destilação, os equipamentos utilizados no preparo da cachaça, armazenamento e práticas agrícolas. A infraestrutura de produção da cachaça artesanal, exemplificada pelos alambiques de cobre na **Figura 1** (Rjcastillo, 2022), representa um dos fatores tecnológicos determinantes tanto para as características sensoriais desejáveis da bebida quanto para a formação de contaminantes metálicos no destilado.



Fonte: *Rjcastillo (2022), Wikimedia Commons.*

Nesse contexto, ao analisar a cachaça através de métodos analíticos, é possível construir um perfil físico-químico para identificação de contaminantes e adulterantes, assim como as estratégias utilizadas para sua determinação e autenticação, com foco nas técnicas analíticas, procedimentos de preparo de amostras, resultados relacionados à conformidade, estratégias de controle de qualidade e nos aspectos associados à produção, autenticidade e comercialização. A importância deste estudo se justifica pela necessidade de reunir e analisar o conhecimento presente na literatura acerca da ocorrência de contaminantes e adulterantes em

cachaças brasileiras e as diferentes técnicas utilizadas para identificá-los e determiná-los. A variedade de compostos e metodologias analíticas utilizadas nos estudos selecionados ressalta a necessidade de entender as diferentes formas de avaliar a qualidade e a autenticidade da bebida.

Diante desse contexto, torna-se importante compreender como os contaminantes e adulterantes presentes em cachaças brasileiras têm sido investigados e quais estratégias analíticas e medidas de controle podem contribuir para a qualidade e a segurança da bebida. Assim, este estudo teve como objetivo analisar a literatura científica publicada entre 2016 e 2026 sobre os principais contaminantes e adulterantes identificados em cachaças brasileiras, as técnicas utilizadas para sua determinação, a conformidade com os requisitos legais e as medidas de controle de qualidade aplicadas ao longo da cadeia produtiva. Busca-se, ainda, discutir as contribuições e limitações dos métodos analíticos descritos e sua importância para a proteção do consumidor.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA OU REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Produção da Cachaça e Fatores Relacionados à Qualidade

O processo de produção da cachaça varia em função da espécie de cana, das condições de cultivo, do método de fermentação e dos equipamentos utilizados na destilação. A mudança no processo de produção da cachaça resulta em variações de sua composição química e de suas características sensoriais. A destilação da cachaça pode ser feita através de colunas, como na produção em escala industrial, ou por meio de alambiques de cobre, como na produção artesanal. O envelhecimento da cachaça é outra etapa que pode

alterar as características da bebida devido à interação com a madeira dos recipientes utilizados para o envelhecimento (Guerreiro et al., 2018; Ratkovich et al., 2023).

A matéria-prima, a fermentação, a destilação, o armazenamento e o envelhecimento da cachaça podem influenciar a formação, concentração ou diminuição de diversos compostos químicos. Portanto, a qualidade da cachaça não depende apenas do seu teor alcoólico, mas também da presença e das concentrações de compostos químicos que afetam suas propriedades químicas e sensoriais, e que podem estar associados à segurança da bebida (Lima et al., 2022; Ratkovich et al., 2023).

A fermentação da cachaça é um passo fundamental, visto que a atuação dos microrganismos nesse processo pode originar a produção de vários compostos químicos. O perfil químico da cachaça pode sofrer influência das condições de fermentação e das particularidades das leveduras. A composição do destilado, o qual é o resultado da separação e concentração de compostos químicos do mosto fermentado, pode ser modificada depois da fermentação e ao longo da destilação. A destilação de um determinado tipo de equipamento pode ter impacto na composição do destilado, especialmente em relação à quantidade de compostos metálicos e orgânicos (Guerreiro et al., 2018; Ratkovich et al., 2023).

A qualidade do produto final da cachaça tem como base o controle das condições de produção. Bortoletto, Silvello e Alcarde (2018) identificaram as etapas de controle mais importantes na produção de cachaça, que são: cultivo e colheita da cana, fermentação, destilação e envelhecimento. A adoção de Boas Práticas de Fabricação (BPF) e sistemas de Análise de Perigos e Pontos Críticos

de Controle (APPCC/HACCP) auxilia os autores a evitar os riscos do processo produtivo em vez de se basearem apenas na análise do produto final.

2.2. Composição Química e Contaminantes em Cachaças Brasileiras

Na cachaça, diversos grupos de compostos químicos podem ser avaliados, tais como etanol, acidez volátil, ésteres, aldeídos, álcoois superiores, furfural, 5-hidroximetilfurfural, metanol, metais, carbamato de etila, pesticidas e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) (Lima et al., 2022; Ratkovich et al., 2023). A presença desses compostos químicos na cachaça pode estar relacionada às características da matéria-prima, às condições de fermentação, aos processos de destilação, aos equipamentos de destilação utilizados, ao armazenamento da cachaça e às práticas de produção empregadas. Lima et al. (2022) salientam que o conhecimento da composição química do produto é crucial para a aplicação de estratégias de controle de qualidade e para a identificação de possíveis contaminantes desde a matéria-prima até a cachaça final.

Entre os parâmetros que afetam a qualidade da cachaça, a acidez volátil tem relevância tanto química quanto sensorial. Os ácidos presentes em pequenas concentrações podem participar da formação de ésteres, contribuindo para as características aromáticas da cachaça. No entanto, altas concentrações de acidez volátil podem prejudicar a qualidade sensorial e ainda favorecer a dissolução de cobre oriundo dos equipamentos de destilação (Lima et al., 2022). Furfural e 5-hidroximetilfurfural também são compostos químicos importantes para a avaliação da qualidade da cachaça. Esses

aldeídos podem estar presentes na cachaça, e, em concentrações elevadas, podem alterar as características sensoriais da bebida. Bortoletto et al. (2018) associam esses compostos às condições de produção e enfatizam a necessidade de controlar suas concentrações dentro dos limites estabelecidos para a cachaça.

2.3. Carbamato de Etila

Entre os contaminantes investigados na literatura sobre cachaça, o carbamato de etila se destaca. A ocorrência desse composto químico está ligada ao processo de produção da cachaça e pode ser afetada por diversas condições presentes durante a fermentação, destilação e armazenamento.

O carbamato de etila também é um dos principais alvos das metodologias analíticas desenvolvidas para o controle de qualidade de cachaças (Bortoletto; Alcarde, 2016; Guerreiro et al., 2018; Lima et al., 2022). Bortoletto e Alcarde (2016) analisaram 376 amostras de cachaça por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GC-MS). A concentração média de carbamato de etila encontrada foi de 145 µg/L, e 24,2% das amostras apresentaram concentrações acima de 210 µg/L, valor de referência utilizado no estudo. Os autores também notaram diferenças entre as amostras de grandes destilarias, que utilizam destilação em colunas, e as amostras de pequenas destilarias, que utilizam alambiques.

A literatura revisada também indica a preocupação em desenvolver métodos analíticos que possam determinar o carbamato de etila em diferentes tipos de cachaça. Guerreiro et al. (2018) avaliaram 18 amostras e propuseram uma metodologia baseada em extração QuEChERS, combinada com GC-MS/MS com analisador triplo

quadrupolo. A metodologia de preparo de amostra teve como objetivo diminuir os componentes da matriz que pudessem interferir no sistema cromatográfico. O estudo ressaltou a utilização do QuEChERS para remover parte do açúcar e aprimorar a precisão e a exatidão da determinação. Outro estudo presente na revisão avaliou a determinação de carbamato de etila em bebidas de cana-de-açúcar adoçadas, utilizando espectrometria de massas com ionização por electrospray. No estudo, a presença de açúcar foi considerada um fator relevante devido aos efeitos da matriz durante a ionização. Uma etapa modificada de QuEChERS foi realizada antes da determinação por ESI-MS/MS, a fim de minimizar as interferências causadas pela matriz. A formação de carbamato de etila também é estudada em diferentes condições de fermentação e envelhecimento da cachaça. Os estudos reunidos na revisão bibliográfica investigaram a ocorrência de carbamato de etila em cachaças produzidas com diferentes leveduras, em diferentes sistemas de fermentação e durante o envelhecimento em recipientes de diferentes madeiras, indicando que o estudo do contaminante deve levar em consideração as particularidades de cada etapa produtiva (Mendonça et al., 2016; D'Ávila et al., 2016; Santiago et al., 2017).

2.4. Contaminantes Metálicos

Os metais são outro grupo de contaminantes relevantes investigados em cachaças brasileiras. Entre os elementos metálicos estudados estão cobre, chumbo, arsênio, cádmio, manganês e zinco. A presença desses elementos metálicos pode estar ligada à matéria-prima, às condições de cultivo da cana-de-açúcar e, especialmente em relação ao cobre, aos equipamentos de destilação utilizados (Lima et al., 2022; Ferreira et al., 2020).

O cobre é de especial interesse nas cachaças produzidas em alambiques de cobre. Durante a destilação, podem ser formados compostos de cobre na superfície do equipamento, o que pode levar à sua transferência para a cachaça. Corassa e Nardi (2023), ao analisar amostras de cachaça artesanal da região de Itapira-SP, encontraram concentrações de cobre entre 0,3 e 9,5 mg/L, indicando que algumas amostras apresentaram concentrações acima do limite de 5 mg/L estabelecido no estudo. Ferreira et al. (2020) desenvolveram uma metodologia baseada em voltametria de redissolução anódica por onda quadrada, utilizando diferentes eletrodos, em conjunto com métodos quimiométricos para a determinação simultânea de cobre, zinco, cádmio e chumbo em cachaças artesanais. A espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES) foi utilizada como técnica de referência.

Os resultados mostraram que a metodologia desenvolvida pode ser aplicada em laboratórios de controle de qualidade, e que ela é simples e de baixo custo. Além do cobre, outros elementos metálicos são investigados devido à sua importância toxicológica. A literatura revisada apresenta estudos envolvendo chumbo, arsênio, cádmio e manganês, utilizando técnicas como espectrometria de absorção atômica, ICP-OES, voltametria e outros métodos de determinação. Em um estudo mencionado na revisão, as concentrações de chumbo e arsênio estiveram abaixo dos limites de quantificação utilizados na análise, enquanto outros estudos avaliaram diversos elementos metálicos em amostras de cachaça artesanal.

2.5. Resíduos de Pesticidas

A presença de resíduos de pesticidas é outra forma de contaminação que pode ocorrer na cadeia produtiva da cachaça. A utilização de pesticidas no cultivo da cana-de-açúcar faz com que seja necessário considerar a possibilidade de resíduos na matéria-prima e sua possível transferência para as próximas etapas do processo de produção. Bortoletto et al. (2018) ressaltam a necessidade de precauções no uso de pesticidas no cultivo da cana-de-açúcar, como o cumprimento do período de carência após a aplicação dos produtos químicos, a fim de evitar a presença de resíduos durante o processamento industrial. Na revisão bibliográfica, Santos (2021) desenvolveu um método analítico baseado em extração em fase sólida (SPE) e cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas em tandem (LC-MS/MS) para a determinação de resíduos de pesticidas em cachaça. O método analisou 21 pesticidas e apresentou uma faixa de linearidade de 0,25 a 50 µg/L, com coeficientes de determinação acima de 0,99. Nas amostras comerciais analisadas, foram detectados pesticidas, o que demonstra a utilidade da abordagem cromatográfica para o monitoramento desses resíduos. Silva (2017), por sua vez, analisou simultaneamente pesticidas e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em cachaças. No estudo, foram investigados 95 pesticidas e 16 HPAs, sendo detectados 31 pesticidas e 12 HPAs nas amostras analisadas. Esses resultados indicam a necessidade de métodos multirresíduos que possam analisar diferentes classes de compostos químicos em uma mesma matriz.

A análise de pesticidas em cachaça também exige procedimentos apropriados de preparo de amostras, uma vez que a eficácia da extração e a redução dos efeitos da matriz afetam diretamente a qualidade dos resultados. Nesse contexto, a utilização de SPE e de

técnicas cromatográficas acopladas à espectrometria de massas é uma das abordagens presentes nos estudos selecionados.

2.6. Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos

Os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos são um grupo de contaminantes estudados em diversas pesquisas sobre cachaça. Esses compostos químicos podem estar relacionados a processos que envolvem combustão e exposição da matéria-prima ou do produto a fontes de contaminação. O benzo[a]pireno (BaP) é um dos HPAs mais estudados. A literatura revisada sugere que a queima da cana-de-açúcar pode contribuir para a presença de HPAs na cadeia produtiva da cachaça.

A deposição de partículas resultantes da combustão na cana-de-açúcar pode favorecer a transferência desses compostos para a matéria-prima e, consequentemente, para a cachaça. Também são consideradas possíveis fontes de contaminação processos como o envelhecimento em recipientes de madeira. Barbosa et al. (2023) investigaram cachaças comercializadas em embalagens de polietileno tereftalato (PET), analisando o perfil físico-químico e a presença de HPAs e carbamato de etila. O estudo considerou a possibilidade de que fatores ligados ao material da embalagem e ao armazenamento pudessem contribuir para a ocorrência de contaminantes. A pesquisa é relevante por estender a avaliação da qualidade para além das etapas tradicionais de produção, englobando também as condições de acondicionamento e comercialização da cachaça. Sousa et al. (2026) desenvolveram uma metodologia para a determinação de HPAs em cachaça, utilizando extração e pré-concentração em membrana de nylon, combinadas com espectroscopia de fluorescência de matriz de excitação-

emissão e tratamento quimiométrico por PARAFAC. A metodologia apresentou recuperações médias próximas de 90% para BaP, DahA e BghiP e de aproximadamente 105% para BbF, demonstrando a combinação de preparo de amostra, espectroscopia e quimiometria na determinação desses contaminantes. Mais recentemente, Sales et al. (2026) propuseram um método voltamétrico para a determinação de benzo[a]pireno em cachaça. A metodologia apresentou uma faixa linear de 14 a 175 µg/L, um limite de detecção de 4,3 µg/L e um limite de quantificação de 14 µg/L. O BaP não foi detectado nas amostras comerciais não fortificadas analisadas no estudo, e o método foi apresentado como uma alternativa de triagem para a determinação do composto químico em bebidas destiladas.

2.7. Adulteração e Autenticação de Cachaças

Além dos contaminantes que se formam ou são adicionados durante o processo de produção, a literatura selecionada inclui pesquisas focadas na detecção de adulterações e na autenticação da cachaça. A adulteração da cachaça pode envolver alterações na composição da bebida, como o uso de etanol de outra origem, a adição de água, extratos de madeira, corantes ou adoçantes, entre outras práticas descritas na literatura de controle de qualidade (Lima et al., 2022).

A necessidade de distinguir produtos genuínos de amostras adulteradas tem impulsionado o desenvolvimento de métodos instrumentais combinados com quimiometria. Técnicas espectroscópicas são de particular interesse nesse contexto, pois permitem análises rápidas e, em alguns casos, com menor necessidade de preparo da amostra. A literatura também destaca

que métodos convencionais de cromatografia e espectrometria, embora eficazes, podem exigir mais tempo de análise, etapas de preparo e equipamentos mais caros. Oliveira et al. (2023) desenvolveram um método baseado em espectroscopia no infravermelho próximo (NIR), associado a ferramentas quimiométricas, para a autenticação de destilados de cana-de-açúcar e para a previsão de parâmetros como densidade e teor alcoólico. O trabalho é parte de uma tendência de utilizar métodos espectroscópicos como alternativas para análises mais rápidas e com menos resíduos. Almeida et al. (2025) também aplicaram espectroscopia NIR para quantificar o teor alcoólico e identificar fraudes em cachaças tradicionais.

O desenvolvimento desse tipo de metodologia ilustra a aplicação da espectroscopia em conjunto com a quimiometria não apenas para quantificar parâmetros físico-químicos, mas também para auxiliar na identificação de amostras que não se encaixam nas características esperadas do produto. A espectroscopia no infravermelho médio (MIR) também tem sido utilizada na autenticação. Oliveira et al. (2025) utilizaram MIR em conjunto com modelos quimiométricos para autenticar a origem geográfica de cachaças do Brejo Paraibano. O modelo DD-SIMCA apresentou uma sensibilidade de 95,6% no treinamento, 100% no conjunto de teste, uma especificidade de 100% e uma eficiência global de 98,4%, demonstrando potencial para classificar as amostras de acordo com a origem avaliada. Esses estudos demonstram uma evolução nas estratégias de controle de qualidade, passando da determinação individual de compostos químicos para metodologias que avaliam padrões químicos da cachaça. No entanto, os métodos espectroscópicos e quimiométricos apresentados na revisão devem ser interpretados de acordo com sua finalidade específica, pois seu

uso para triagem, classificação ou autenticação não substitui necessariamente métodos confirmatórios para a determinação de contaminantes específicos.

2.8. Técnicas Analíticas Aplicadas Ao Controle de Qualidade

A avaliação dos contaminantes e adulterantes presentes em cachaças exige o uso de métodos analíticos que possuam seletividade, sensibilidade e precisão adequadas aos compostos químicos investigados. Na revisão dos estudos selecionados, foram encontradas diversas abordagens analíticas, incluindo cromatografia gasosa, cromatografia líquida, espectrometria de massas, espectrometria de absorção atômica, ICP-OES, voltametria e técnicas espectroscópicas combinadas com quimiometria (Lima et al., 2022). As técnicas cromatográficas são amplamente utilizadas para a determinação de compostos orgânicos.

A GC-MS e a GC-MS/MS foram utilizadas, por exemplo, na determinação de carbamato de etila, enquanto métodos baseados em cromatografia líquida foram empregados para a análise de pesticidas e outros contaminantes. A combinação da cromatografia com a espectrometria de massas oferece maior seletividade na identificação dos analitos, especialmente em matrizes com diversos componentes interferentes. O preparo das amostras é também uma etapa essencial nas metodologias analíticas. Estratégias como extração em fase sólida, QuEChERS, microextração líquido-líquido e procedimentos de pré-concentração em membranas foram empregadas nos estudos selecionados. No caso de bebidas adoçadas, por exemplo, a presença de açúcares pode aumentar os efeitos da matriz na ionização por electrospray, o que exige a adoção de procedimentos específicos de tratamento da amostra. Para

contaminantes metálicos, foram aplicadas diversas técnicas instrumentais. Ferreira et al. (2020) ilustraram a aplicação da voltametria de redissolução anódica, associada a modelos quimiométricos, para a determinação simultânea de metais, usando ICP-OES como técnica de referência. O desenvolvimento de métodos mais simples e de menor custo é de grande importância para expandir as possibilidades de uso em laboratórios de controle de qualidade. As técnicas espectroscópicas, por sua vez, oferecem como uma de suas principais vantagens a capacidade de realizar análises rápidas e com menor necessidade de preparo da amostra.

A combinação com métodos quimiométricos permite utilizar as informações espectrais para classificar, autenticar e prever parâmetros da cachaça. Essa abordagem tem sido aplicada ao NIR e ao MIR em estudos recentes sobre cachaças brasileiras. Portanto, observa-se que não existe uma única técnica analítica que possa atender a todas as necessidades relacionadas ao controle de qualidade da cachaça. A escolha do método analítico depende do composto químico ou da propriedade investigada, da concentração esperada, da complexidade da matriz, da necessidade de confirmação e dos recursos disponíveis no laboratório.

2.9. Controle de Qualidade e Estratégias de Prevenção

O controle de qualidade da cachaça deve abranger diversas etapas da cadeia produtiva. A análise do produto final é crucial para verificar a conformidade, mas a literatura também enfatiza a necessidade de medidas preventivas durante o cultivo da cana-de-açúcar, fermentação, destilação, envelhecimento, armazenamento e engarrafamento. Bortoletto et al. (2018) propuseram um sistema baseado em Boas Práticas de Fabricação e APPCC para destilarias de

cachaça, identificando perigos químicos, físicos e microbiológicos e estabelecendo pontos críticos ou pontos de controle ao longo do processo. Entre as etapas enfatizadas estão o cultivo e a colheita da cana-de-açúcar, a fermentação, a destilação e o envelhecimento.

Essa abordagem é relevante porque alguns contaminantes podem ter sua formação ou introdução diminuída por medidas tomadas antes da obtenção do produto final. O controle das condições agrícolas pode ajudar a reduzir os resíduos de pesticidas; a manutenção e higienização dos equipamentos podem diminuir a transferência de contaminantes; e o controle das condições de fermentação e destilação pode contribuir para a padronização da composição química. Os estudos de avaliação de amostras comerciais reforçam a importância dessas estratégias. Lima et al. (2022) compilaram estudos que avaliaram parâmetros de identidade e qualidade em diferentes amostras de cachaça e notaram irregularidades relacionadas a contaminantes, álcoois superiores e acidez volátil. Em um dos estudos revisados, 50,7% de 268 amostras analisadas não estavam em conformidade com os padrões de identidade e qualidade estabelecidos na pesquisa. Dessa forma, o controle de qualidade deve ser entendido como um conjunto de ações integradas, que incluem prevenção, monitoramento, análise instrumental e verificação da conformidade. O uso de métodos analíticos apropriados permite identificar diferentes classes de contaminantes e adulterantes, enquanto as Boas Práticas de Fabricação e os sistemas preventivos contribuem para diminuir a ocorrência desses problemas durante o processo de produção.

3. METODOLOGIA

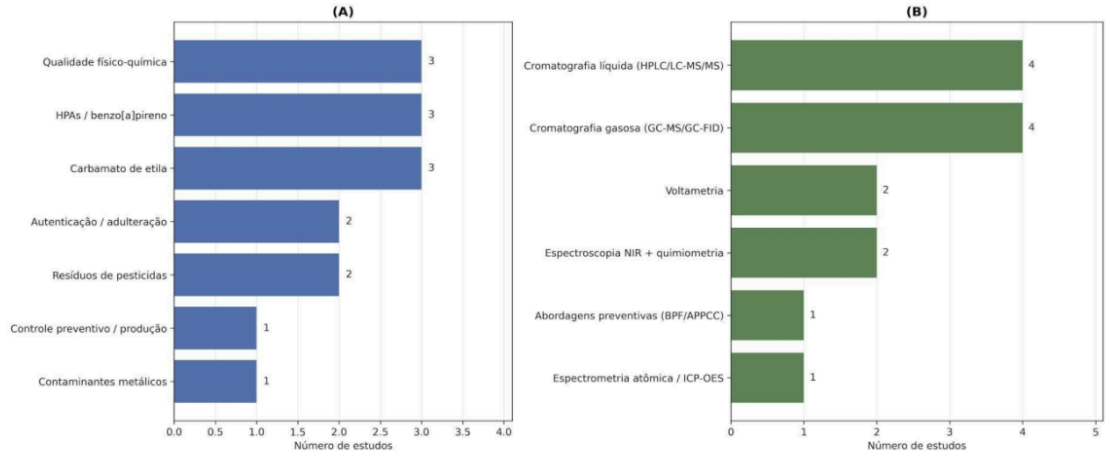
O presente trabalho consiste em uma revisão de literatura de caráter descritivo, desenvolvida a partir do levantamento bibliográfico de estudos relacionados à presença de adulterantes e contaminantes em cachaças brasileiras, às técnicas analíticas empregadas na sua identificação e quantificação, ao controle de qualidade, à legislação e aos aspectos relacionados à produção e comercialização da bebida. O levantamento bibliográfico utilizado nesta revisão compreendeu publicações selecionadas no período de 2016 a 2026, incluindo artigos científicos, dissertações, tese de doutorado e trabalho de conclusão de curso. Os estudos foram organizados em uma planilha contendo informações referentes à identificação bibliográfica, título, tipo de bebida, matriz analisada, origem das amostras, analitos de interesse, matéria-prima, técnicas analíticas, preparo das amostras, principais resultados, validação analítica e observações pertinentes ao estudo. A análise dos trabalhos selecionados foi realizada de forma qualitativa e comparativa. A literatura foi organizada em torno de categorias temáticas, como carbamato de etila; contaminantes metálicos; resíduos de pesticidas; hidrocarbonetos policíclicos aromáticos; outros contaminantes orgânicos; adulteração e autenticação; técnicas analíticas; controle de qualidade e prevenção; legislação e conformidade; e aspectos relacionados à produção e comercialização da cachaça. Para a discussão, foram considerados: as características das amostras, os analitos investigados, as técnicas utilizadas, os procedimentos de preparo de amostra, os parâmetros de validação analítica (quando apresentados) e os resultados obtidos nos diferentes estudos. A comparação dos trabalhos foi realizada com base nas particularidades de cada metodologia e das matrizes analisadas, evitando a comparação de resultados obtidos em diferentes condições experimentais. Não foi feita meta-análise, pois os estudos selecionados tinham metodologias heterogêneas (diferentes

objetivos, matrizes, analitos, procedimentos de preparo de amostra, técnicas instrumentais e formas de apresentação dos resultados). Os dados foram descritivamente sintetizados com o objetivo de identificar os principais contaminantes e adulterantes investigados, as metodologias empregadas e as tendências observadas no controle da qualidade e autenticidade das cachaças brasileiras.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES OU ANÁLISE DOS DADOS

A análise dos estudos permitiu identificar os principais contaminantes e adulterantes investigados, juntamente com as técnicas analíticas empregadas e o controle de qualidade e à autenticidade da cachaça. A distribuição dos estudos segundo o foco analítico e as técnicas empregadas é apresentada na Figura 1.

Figura 1. Distribuição dos estudos selecionados segundo o foco analítico (A) e as técnicas empregadas (B)



Fonte: Elaborada pelos autores (2026).

Nos estudos selecionados, o carbamato de etila foi o tema mais recorrente, seguido dos hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs). Também foram abordados metais, pesticidas, adulteração, autenticação e controle de qualidade dos processos produtivos.

4.1. Adulterantes e Contaminantes Identificados

De acordo com os estudos analisados, foram identificadas diferentes classes de contaminantes e adulterantes em amostras de cachaça e aguardente de cana-de-açúcar, como carbamato de etila, metais pesados, Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs), resíduos de pesticidas e compostos indesejados provenientes do processo de fermentação e destilação. A identificação dessas substâncias demonstra a importância e a necessidade do monitoramento contínuo da composição das bebidas alcoólicas, visto que a contaminação pode ter origem na matéria-prima, no processo produtivo ou nos equipamentos utilizados.

Entre os contaminantes inorgânicos de interesse, destaca-se o cobre, cuja presença em bebidas alcoólicas pode ocorrer em diversas etapas da cadeia produtiva, desde o manejo agrícola até o armazenamento final. As análises laboratoriais identificaram concentrações de cobre superiores ao limite máximo permitido pela legislação, principalmente em cachaças de origem artesanal, enquanto outros metais, como chumbo, arsênio, cádmio e zinco, foram encontrados em menores quantidades (Ferreira et al., 2020; Vilela, 2019; Corassa; Nardi, 2023; Martins et al., 2024). Esses resultados reforçam a importância da manutenção e higienização adequada dos alambiques e equipamentos como medida preventiva para a garantia da segurança e qualidade da cachaça.

O carbamato de etila destacou-se pela grande taxa de detecção nos trabalhos revisados, sendo identificado tanto em amostras comerciais quanto de produção artesanal (Bortoletto; Alcarde, 2016; Tonin et al., 2022; Neto et al., 2025). Sua formação ocorre de maneira espontânea por meio de reações químicas durante a fermentação,

destilação ou envelhecimento, sendo relatadas concentrações acima do limite legal de 210 µg/L valor estabelecido pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) para cachaças e aguardentes de cana.

Além disso, foram identificados HPAs, a exemplo do benzo[a]pireno, fluoreno, fenantreno, naftaleno, acenaftileno, antraceno, fluoranteno, pireno, benzo[a]antraceno e acefenantrileno. A presença dessas substâncias está associada principalmente à exposição da cana-de-açúcar à fumaça durante as queimadas pré-colheita, enquanto os resíduos de agrotóxicos evidenciam que contaminantes empregados no cultivo podem persistir no produto final, mesmo após as etapas de destilação (Silva, 2017; Santos, 2021; Barbosa et al., 2023; Sales et al., 2026).

A comparação dos estudos indica que a qualidade da cachaça está relacionada a diferentes etapas da cadeia produtiva, e não apenas ao processo de destilação. Enquanto o carbamato de etila pode estar associado a reações que ocorrem durante a produção e o armazenamento, a presença de cobre pode estar relacionada às condições dos equipamentos utilizados. Os resíduos de pesticidas, por sua vez, direcionam a atenção para o cultivo da cana-de-açúcar, enquanto os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos ampliam a discussão para possíveis fontes de exposição à combustão e a outras condições de processamento.

Essas diferenças mostram que o controle de qualidade precisa considerar a origem de cada contaminante e as condições em que ele pode surgir ou chegar à bebida. Além disso, os resultados não devem ser interpretados apenas pela presença ou ausência das substâncias: é necessário avaliar as concentrações encontradas, os limites aplicáveis e as características de cada estudo. Dessa maneira,

a comparação entre os trabalhos permite identificar pontos de atenção para o monitoramento, sem pressupor que todas as amostras ou sistemas de produção apresentem o mesmo comportamento.

4.2. Técnicas Analíticas Empregadas na Identificação dos Contaminantes

Os artigos analisados mostram que a escolha do método analítico depende tanto da substância investigada quanto da finalidade da análise. As técnicas cromatográficas associadas a detectores apropriados são utilizadas para separar e determinar compostos específicos, enquanto os métodos voltados à análise de metais apresentam outras exigências instrumentais e de preparo de amostra. Já a espectroscopia associada à quimiometria apresenta potencial para a triagem e a autenticação de bebidas, especialmente quando se busca uma avaliação mais rápida.

Apesar dessas possibilidades, o desempenho de uma técnica não deve ser avaliado apenas pela rapidez ou pelo custo. Parâmetros como seletividade, sensibilidade, precisão, exatidão e validação do método também precisam ser considerados. Assim, as abordagens instrumentais podem ser complementares, utilizando métodos de triagem que ajudam a identificar amostras suspeitas, enquanto métodos confirmatórios podem ser necessários para determinar e quantificar contaminantes específicos.

Entre as técnicas cromatográficas, destacou-se a Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC), presente em 13 estudos revisados. Essa metodologia é amplamente aplicada na determinação de compostos como furfural, 5-hidroximetilfurfural (5-HMF) e

hidrocarbonetos. Em especial, a associação com o detector de fluorescência (HPLC-FLD) consolidou-se como uma técnica fundamental para a quantificação rigorosa de carbamato de etila, conforme apontado por diversos autores (Sousa, 2021).

Paralelamente, a Cromatografia Gasosa (GC-MS, GC-MS/MS e GC-FID) esteve presente em 12 dos estudos investigados. Essas técnicas demonstram alta eficiência na separação, identificação e quantificação de compostos voláteis, a exemplo dos álcoois superiores, aldeídos, ésteres e metanol, além de sua ampla aplicação em análises de carbamato de etila e pesticidas.

No que se refere à determinação de metais e minerais contaminantes nas cachaças, como cobre, chumbo, arsênio e cádmio. Espectrometria de Absorção Atômica (AAS / FAAS) destacou-se como a abordagem principal. Já para a identificação de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs), como o benzo[a]pireno, a literatura demonstra o emprego de métodos combinados, tais como a Extração em Fase Sólida (SPE) acoplada à Cromatografia Líquida com detector de arranjo de diodos (HPLC-DAD), conforme descrito por (Barbosa et al. 2023).

De modo geral, os resultados indicam uma evolução constante nos métodos analíticos voltados ao controle de qualidade da cachaça, incorporando tecnologias avançadas de separação e detecção. Contudo, métodos clássicos de controle físico-químico ainda mantêm relevância e aplicabilidade na rotina laboratorial das destilarias.

4.3. Legislação, Conformidade e Impactos na Produção e Comercialização

O Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) é o principal órgão responsável por regulamentar o Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ) da cachaça e da aguardente de cana-de-açúcar no Brasil, amparado pela Lei nº 8.918/1994, pelo Decreto nº 6.871/2009 e por atualizações regulatórias, como a Portaria MAPA nº 539/2022. Complementarmente, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) atua no estabelecimento de critérios de segurança alimentar e Limites Máximos Tolerados (LMT) para contaminantes e resíduos tóxicos através da RDC nº 722/2022.

No âmbito dos contaminantes orgânicos, destaca-se o carbamato de etila, substância classificada como provável agente carcinogênico para humanos. A legislação brasileira estabelece o limite máximo estrito de 210µg/L para esse analito em cachaças e aguardentes de cana.

Em relação aos contaminantes inorgânicos e metais pesados, a Instrução Normativa (IN) nº 160/2022 da ANVISA define os valores máximos permitidos para a proteção da saúde humana, destacando-se:

- Cobre: Limite máximo de 5,0 mg/L.
- Chumbo: Limite máximo de 0,20mg/kg
- Arsênio: Limite máximo de 0,10 mg/kg.
- Cádmio: Limite máximo de 0,02mg/kg

Diante dos estudos analisados, evidenciam que ainda existem não conformidades em parte das amostras avaliadas. A presença elevada de contaminantes orgânicos, cobre e acidez volátil demonstra que

falhas no processo, na higienização dos equipamentos e no controle das etapas de produção podem comprometer a qualidade final da bebida (Bortoletto; Alcarde, 2016; Corassa; Nardi, 2023; Martins et al., 2024). Em pesquisas recentes investigam melhorias nos processos produtivos e no controle analítico, reforçando a importância do monitoramento contínuo para o atendimento aos padrões de qualidade (Alcarde et al., 2024).

As não conformidades identificadas nos estudos podem trazer consequências que vão além da composição química da bebida. Para os produtores, a necessidade de corrigir falhas no processo, adequar os equipamentos e realizar análises laboratoriais pode representar custos adicionais, especialmente para estabelecimentos com menor estrutura. Ao mesmo tempo, o cumprimento dos padrões de identidade e qualidade contribui para a padronização do produto e para a confiança do consumidor.

No contexto da comercialização, resultados analíticos que indiquem desvios em relação aos requisitos aplicáveis podem comprometer a aceitação da bebida e exigir medidas corretivas. Entretanto, os impactos econômicos não devem ser presumidos apenas com base na presença de contaminantes. Para demonstrar perdas financeiras, redução das vendas ou prejuízos à exportação, seriam necessários estudos que avaliassem diretamente esses indicadores. Assim, os resultados desta revisão permitem discutir possíveis implicações para o setor, mas não quantificar consequências econômicas que não foram investigadas pelos trabalhos selecionados.

5. CONCLUSÃO/CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo baseado no levantamento bibliográfico permitiu elaborar um panorama abrangente sobre os contaminantes e adulterantes em bebidas alcoólicas, confirmando que o carbamato de etila e o cobre continuam sendo os compostos químicos mais críticos em cachaças e aguardentes de cana no Brasil. Nesse sentido, evidencia-se a necessidade de intensificar e manter regularmente a fiscalização e a higienização durante cada etapa do processo produtivo, não se restringindo apenas à etapa de destilação, visto que a literatura científica recente comprova a presença de contaminantes provenientes da fase agrícola, como os resultantes de queimadas e do uso de agrotóxicos na cana-de-açúcar.

Em relação às técnicas analíticas, os métodos cromatográficos, como HPLC-FLD para o carbamato de etila, e GC-MS / GC-FID para compostos voláteis, HPAs e pesticidas, à Espectrometria de Absorção Atômica (AAS) para metais, continuam sendo indispensáveis para a quantificação e a identificação regulatória. Simultaneamente, destaca-se o crescimento de técnicas espectroscópicas não destrutivas combinadas à quimiometria (NIR e MIR), que surgem como alternativas rápidas e de baixo custo para triagem e autenticação no controle de qualidade.

Diante do cenário de não conformidade nos estudos analisados, observa-se que, embora haja avanços tecnológicos, amostras comerciais e artesanais ainda persistem fora dos limites permitidos pela legislação vigente estabelecida pelo MAPA e pela ANVISA, especificamente na RDC nº 722/2022 e na IN nº 160/2022. Nesse contexto, o profissional farmacêutico desempenha uma função indispensável na indústria de alimentos e bebidas destiladas, atuando com rigor analítico e em conformidade regulatória no controle de qualidade físico-químico, na avaliação toxicológica de

contaminantes e na garantia da segurança alimentar e da saúde do consumidor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, S. et al. **Quantification of alcohol content and identification of fraud in traditional cachaças using NIR spectroscopy.** Food Chemistry, v. 463, p. 143809, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.143809. Acesso em: 14 out. 2026.

ARAÚJO, Raiane de Oliveira; FARIAS FILHO, Benedito Batista; SILVA, Maria Eduarda Guida da; CONSTANTINO, Igor da Silva; BARROS, Wilkins Oliveira de; SILVA, Igor José Gomes da. **Determination of copper in cachaça samples preconcentrated on filter paper by portable EDXRF.** ACS Omega, v. 11, n. 12, p. 18617–18626, 2026. Disponível em: https://doi.org/10.1021/acsomega.5c07845. Acesso em: 19 out. 2026.

ARRUDA, L. et al. **A green, rapid, and low-cost screening method using portable NIR spectroscopy for cachaça authentication and estimation of methanol and ethanol levels.** Microchemical Journal, v. 208, p. 112282, 2026. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.microc.2026.112282. Acesso em: 14 out. 2026.

BARBOSA, Richard Bispo; ALVARENGA, Gabriela Fontes; FERREIRA, Vanuzia Rodrigues Fernandes; SANTIAGO, Wilder Douglas; NELSON, David Lee; CARDOSO, Maria das Graças. **Cachaça sold in polyethylene terephthalate packaging: Determination of the physical-chemical profile, polycyclic aromatic hydrocarbons and ethyl carbamate.** Ciência e Agrotecnologia, v. 47, e007522, 2023.

Disponível em: https://doi.org/10.1590/1413-70542023470075 22. Acesso em: 19 out. 2026.

BORTOLETTO, Aline Marques; SILVELLO, Giovanni Casagrande; ALCARDE, André Ricardo. **Good manufacturing practices, hazard analysis and critical control point plan proposal for distilleries of cachaça.** Scientia Agricola, v. 75, n. 5, p. 432–443, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1590/1678-992X-2017-0040. Acesso em: 19 out. 2026.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Instrução Normativa – IN nº 160, de 1º de julho de 2022.** Estabelece os limites máximos tolerados (LMT) de contaminantes em alimentos. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 6 jul. 2022. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-animal/plano-de-nacional-de-controle-de-residuos-e-contaminantes/instrucao-normativa-anvisa-2022_160-1.pdf/@@download/file. Acesso em: 19 out. 2026.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução da Diretoria Colegiada – RDC nº 722, de 1º de julho de 2022.** Dispõe sobre os limites máximos tolerados (LMT) de contaminantes em alimentos, os princípios gerais para o seu estabelecimento e os métodos de análise para fins de avaliação de conformidade. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 6 jul. 2022, seção 1, p. 202–203. Disponível em: https://anvisalegis.datalegis.net/action/ActionDatalegis.php?acao=abrirTextoAto&cod_menu=8542&cod_modulo=310&link=S&numeroAto=00000722&orgao=RDC%2FDC%2FANVISA%2FMS&seqAto=002&tipo=RDC&valorAno=2022. Acesso em: 19 out. 2026.

BRASIL. **Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009.** Regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 5 jun. 2009, seção 1, p. 20. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03_ato2007-2010/2009/decreto/d6871.htm. Acesso em: 19 out. 2026

BRASIL. **Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994.** Dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas, autoriza a criação da Comissão Intersetorial de Bebidas e dá outras providências. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 15 jul. 1994. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8918.htm. Acesso em: 19 out. 2026.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Portaria MAPA nº 539, de 26 de dezembro de 2022.** Estabelece os padrões de identidade e qualidade da aguardente de cana e da cachaça. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 27 dez. 2022, seção 1, p. 13. Disponível em: https://mapadacachaca.com.br/wp-content/uploads/2023/07/024-2022-PORTARIA-MAPA-No-539-DE-26-DE-DEZEMBRO-DE-2022-MAPA.pdf. Acesso em: 19 out. 2026.

CARDOSO, Samanta de Andrade; PIERRE, Fernanda Cristina. **Pontos críticos de controle nas etapas de destilação e fermentação da cachaça artesanal em uma empresa localizada no interior do estado de São Paulo.** Tekhne e Logos, Botucatu, v. 16, n. 1, maio 2025. Disponível em: http://www.revista.fatecbt.edu.br/index.php/tl/article/view/970. Acesso em: 19 out. 2026.

CORASSA, Stephanie Aparecida; NARDI, Mariza Campagnolli Chiaradia. **Determinação de cobre em amostras de cachaça artesanal produzidas na região de Itapira-SP.** In: Segurança alimentar e nutricional 4. Cap. 14, p. 151–164, 2023. Disponível em: https://cdn.atenaeditora.com.br/atenaeditora/artigos_anexos/202304/7pqXTU7KfvL6j07TYR1SiRe53thDovzkkFHm20aO.pdf. Acesso em: 19 out. 2026.

D'AVILA, Gabriel Biscotto; CARDOSO, Maria das Graças; SANTIAGO, Wilder Douglas; RODRIGUES, Leonardo Milani Avelar; SILVA, Bruno Leuzinger da; CARDOSO, Rodolfo Romanielo; CAETANO, Alex Rodrigues Silva; RIBEIRO, Cleusa de Fátima e Silva; NELSON, David Lee. **Quantification of ethyl carbamate in cachaça produced in different agro-industrial production systems.** Journal of the Institute of Brewing, v. 122, n. 2, p. 299–303, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1002/jib.322. Acesso em: 19 out. 2026.

FERREIRA, Romário Junior; ROSA, Thalles Ramon; RIBEIRO, Josimar; BARTHUS, Rosângela Cristina. **Simultaneous metal determination in artisanal cachaça by using voltammetry and multivariate calibration.** Food Chemistry, v. 314, art. 126126, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.126126. Acesso em: 19 out. 2026.

FULGÊNCIO, R. et al. **Semiquantitative model for chemometric detection of Brazilian cachaça adulterated with ethanol fuel: a portable near infrared-based approach.** Analytica Chimica Acta, v. 1340, p. 344438, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.aca.2025.344438. Acesso em: 14 out. 2026.

GUERREIRO, Tatiane Melina; OZAWA, Kumi Shiota; LIMA, Estela de Oliveira; MELO, Carlos Fernando Odir Rodrigues; OLIVEIRA, Diogo Noin de; TRIANO, Simone Pereira do Nascimento; CATHARINO, Rodrigo Ramos. **New approach of QuEChERS and GC-MS triple-quadrupole for the determination of ethyl carbamate content in Brazilian cachaças.** Frontiers in Nutrition, v. 5, art. 21, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.3389/fnut.2018.00021. Acesso em: 19 out. 2026.

LIMA, Clara Mariana Gonçalves; BENOSO, Paula; PIEREZAN, Milena Dutra; SANTANA, Renata Ferreira; HASSEMER, Guilherme de Souza; ROCHA, Roney Alves da; DALLA NORA, Flavia Michelon; VERRUCK, Silvani; CAETANO, Daniela; SIMAL-GANDARA, Jesus. **A state-of-the-art review of the chemical composition of sugarcane spirits and current advances in quality control.** Journal of Food Composition and Analysis, v. 106, art. 104338, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104338. Acesso em: 19 out. 2026.

MARCONDES PEREIRA, Amanda de Andrade; ACEVEDO, Maria Soledad M. S. F.; ALCARDE, André Ricardo. **Improvement of the chemical quality of cachaça.** Beverages, v. 10, n. 3, art. 79, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.3390/beverages10030079. Acesso em: 19 out. 2026.

MARTINS, J. et al. **Determinação de cobre em cachaças artesanais comercializadas na região de Candiba-BA.** Cadernos Macambira, v. 9, n. 3, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.59033/cm.v9.i3. Acesso em: 14 out. 2026.

MENDONÇA, João Guilherme Pereira; CARDOSO, Maria das Graças; SANTIAGO, Wilder Douglas; RODRIGUES, Leonardo Milani Avelar;

NELSON, David Lee; BRANDÃO, Rafaela Magalhães; SILVA, Bruno Leuzinger da. **Determination of ethyl carbamate in cachaças produced by selected yeast and spontaneous fermentation.** Journal of the Institute of Brewing, v. 122, n. 1, p. 63–68, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1002/jib.308. Acesso em: 19 out. 2026.

NETO, A. et al. **Development of a new dispersive liquid-liquid microextraction method to ensure the conformity of cachaça for ethyl carbamate by GCxGC/FID.** Food Control, v. 170, p. 111056, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2025.111056. Acesso em: 14 out. 2026.

OLIVEIRA, S. C. et al. **Non-destructive authentication of cachaças from Brejo Paraibano based on MIR spectroscopy.** Food Chemistry, v. 463, p. 143554, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.143554. Acesso em: 14 out. 2026.

OLIVEIRA, S. et al. **A green method for the authentication of sugarcane spirit and prediction of density and alcohol content based on near infrared spectroscopy and chemometric tools.** Food Research International, v. 165, p. 112830, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.112830. Acesso em: 14 out. 2026.

PEREIRA, Amanda A. M.; ALCARDE, André R. **Volatile acidity in Brazilian cachaça: from fermentation and distillation to sensory quality and consumer acceptance.** Beverages, v. 12, n. 8, art. 84, 2026. Disponível em: https://doi.org/10.3390/beverages12080084. Acesso em: 19 out. 2026.

RATKOVICH, Nicolas; ESSER, Christian; RESENDE MACHADO, Ana Maria de; MENDES, Benjamim de Almeida; CARDOSO, Maria das Graças. **The spirit of cachaça production: an umbrella review of processes, flavour, contaminants and quality improvement.** Foods, v. 12, n. 17, art. 3325, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.3390/foods12173325. Acesso em: 19 out. 2026.

RJCASTILLO. **Alambiques de Cobre.** 2022. Fotografia. Wikimedia Commons. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Alambiques_de_Cobre.jpg. Acesso em: 19 out. 2026.

RODRIGUES, Leonardo Milani Avelar; CARDOSO, Maria das Graças; SANTIAGO, Wilder Douglas; BARBOSA, Richard Bispo; SANTIAGO, Juliana de Andrade; LIMA, Lidiany Mendonça Zacaroni; NELSON, David Lee. **Organic contaminants in distilled sugar cane spirits produced by column and copper alembic distillation.** Research, Society and Development, v. 9, n. 7, e930974879, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.33448/rsd-v9i7.4879. Acesso em: 19 out. 2026.

SALES, Flávia Rhuana Pereira; CRUZ, Ingrid Gabriela Bezerra de Lima; FRAGOSO, Wallace Duarte; LEMOS, Sherlan Guimarães. **Surfactant-assisted adsorptive stripping square-wave voltammetric determination of benzoapyrene in cachaça using a gold-modified carbon paste electrode optimized by Taguchi robust design.** Food Analytical Methods, v. 19, art. 278, 2026. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s12161-026-03196-4. Acesso em: 19 out. 2026.

SANTIAGO, Wilder Douglas; CARDOSO, Maria das Graças; LUNGUINHO, Allan da Silva; BARBOSA, Richard Bispo; CRAVO,

Francielli D'Carlos; GONÇALVES, Gustavo da Silva; NELSON, David Lee. **Determination of ethyl carbamate in cachaça stored in newly made oak, amburana, jatobá, balsa and peroba vats and in glass containers.** Journal of the Institute of Brewing, v. 123, n. 4, p. 572–578, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1002/jib.463. Acesso em: 19 out. 2026.

SANTOS, M. D. L. **Desenvolvimento de método por extração em fase sólida para a determinação de resíduos de pesticidas em cachaça por cromatografia líquida/espectrometria de massas.** 2021. 85 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2021. Disponível em: https://ri.ufs.br/handle/riufs/15097. Acesso em: 14 out. 2026.

SILVA, Mariana Cristina da. **Otimização, comparação e validação de métodos de extração e quantificação de pesticidas e HPAs em cachaça.** 2017. 101 f. Dissertação (Mestrado em Química — Química Analítica) – Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/server/api/core/bitstreams/66a0b569-1257-4e21-be94-ced8cae32935/content. Acesso em: 19 out. 2026.

SOUSA, C. et al. **Determination of PAHs in cachaça by nylon membrane extraction and PARAFAC-assisted excitation-emission matrix fluorescence spectroscopy.** Food Control, v. 180, p. 111454, 2026. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2026.111454. Acesso em: 14 out. 2026.

SOUSA, Carla. **Cachaça: substâncias contaminantes controladas pela legislação.** 2021. 43 f. Trabalho de Conclusão de Curso

(Bacharelado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2021. Disponível em: https://sip.prg.ufla.br/arquivos/php/bibliotecas/repositorio/download_documento/baixar_por_anosemestre_matricula.php?arquivo=20202_201411240. Acesso em: 19 out. 2026.

TONIN, Angélica P. P.; POLISELI, Camila B.; SINOSAKI, Nayane M.; MARTINEZ, Fernanda C.; SANTOS, Oscar O.; OLIVEIRA, Cláudio C.; SILVA, Valquiria M.; VISENTAINER, Jesuí V.; MEURER, Eduardo C. **Determination of ethyl carbamate in commercial sweetened sugar cane spirit by ESI-MS/MS using modified QuEChERS and 18-crown-6/trifluoroacetic acid spiking additives.** Journal of the Brazilian Chemical Society, v. 33, n. 6, p. 523–529, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.21577/0103-5053.20220001. Acesso em: 19 out. 2026.

VILELA, Anderson Ferreira. **Estudo da produção e da qualidade das cachaças paraibanas de acordo com o programa nacional de certificação da cachaça.** 2019. 112 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) – Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2019. Disponível em: https://dspace.sti.ufcg.edu.br/bitstream/riufcg/9033/3/ANDERSON%20FERREIRA%20VILELA%20-%20TESE%20-%20%28PPGEP%29%202019.pdf. Acesso em: 19 out. 2026.

---

[1] Discente do Curso Superior de Farmácia da Universidade Salvador *Campus* Professor Barros. E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail

[2] Discente do Curso Superior de Farmácia da Universidade Salvador *Campus Professor Barros*. E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail

[3] Discente do Curso Superior de Farmácia da Universidade Salvador *Campus* Professor Barros. E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail

[4] Docente e Orientadora do Curso Superior de Farmácia da Universidade Salvador *Campus Professor Barros.* E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail